

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-299938

(43)Date of publication of application : 11.10.2002

(51)Int.Cl.

H01Q 1/42  
B32B 5/24  
B32B 27/34  
B32B 27/40  
B64C 1/36  
C08J 5/24  
F42B 15/34  
G01S 7/03  
H01Q 1/28  
// C08L 79:00

(21)Application number : 2001-097456

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 29.03.2001

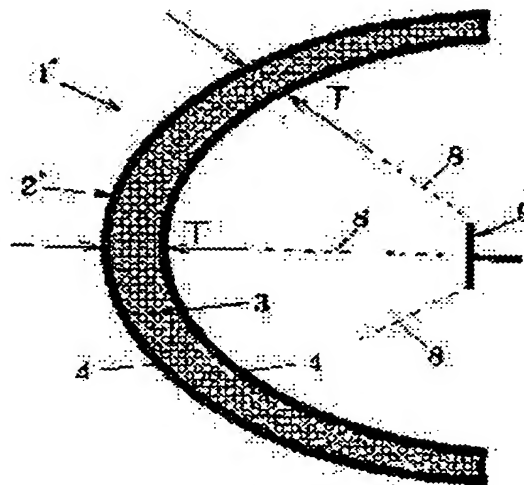
(72)Inventor : GOTO ATSUSHI  
BANDO SHUNICHI  
SAKURAI OSAMU

## (54) RADOME FOR FLYING OBJECT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high performance radome for a flying object which has a structure that never accepts immersion and is excellent in a radio wave characteristic and a strength characteristic.

**SOLUTION:** In this radome for a flying object, a curved surface sandwich structure composed of a signal layer or a plurality of layers with small curvature, a core consists of polyether foamed material, and face plates sandwiching both surfaces of the core consist of the FRP of cyanate resin. The polyetherimide foamed material of the core preferably ranges between 50 and 80 kg/m<sup>3</sup> in density, the face plate is preferably made of the FRP manufactured with a prepreg containing 30 to 60% of cyanate resin in a weight ratio, and reinforced fiber in the FRP face plate of the cyanate resin is preferably glass fiber or quartz fiber. Also, the thickness of the face plate consisting of the FRP of the cyanate resin and the thickness of the core composed of the polyetherimide foamed material are preferably the same in the radiation direction of radar ratio waves. Furthermore, it is preferably to apply 10 to 150 μm erosion resistance painting to the outer wall surface of the radome for a flying object.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-299938

(P2002-299938A)

(43) 公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 Q 1/42		H 0 1 Q 1/42	4 F 0 7 2
B 3 2 B 5/24	1 0 1	B 3 2 B 5/24	1 0 1 4 F 1 0 0
		27/34	5 J 0 4 6
		27/40	
B 6 4 C 1/36		B 6 4 C 1/36	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-97456(P2001-97456)

(22) 出願日 平成13年3月29日 (2001. 3. 29)

(71) 出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72) 発明者 後藤 淳

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社岐阜工場内

(72) 発明者 板東 舜一

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社岐阜工場内

(74) 代理人 100064296

弁理士 高 雄次郎

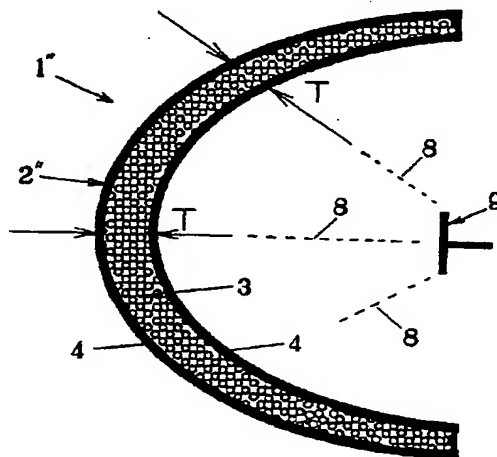
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 飛行体用レドーム

(57) 【要約】

【課題】 浸水の無い構造で、電波特性及び強度特性に優れた高性能の飛行体用レドームを提供する。

【解決手段】 曲率の小さな単層又は複数層の曲面サンドイッチ構造体になされ、コアがポリエーテル発泡材より成り、コアの両面を挟んでいる面板がシアネート樹脂のFRPより成る飛行体用レドーム。上記コアのポリエーテルイミド発泡材は密度50kg/m<sup>3</sup>~80kg/m<sup>3</sup>であることが好ましく、上記面板はシアネート樹脂を重量比で30%~60%含有したプリプレグで製造したFRP面板であることが好ましく、このシアネート樹脂のFRP面板における強化繊維はガラス繊維又は石英繊維であることが好ましい。また、シアネート樹脂のFRPより成る面板の板厚とポリエーテルイミド発泡材より成るコアの板厚は、レーダー電波の放射方向において同一になされていることが好ましい。さらに飛行体用レドームの外壁面に、10μm~150μmの耐エロージョン塗装が施されていることが好ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 曲率の小さな単層又は複数層の曲面サンドイッチ構造体になされ、コアがポリエーテルイミド発泡材より成り、コアの両面を挟んでいる面板がシアネート樹脂のFRPより成ることを特徴とする飛行体用レドーム。

【請求項2】 ポリエーテルイミド発泡材が密度50kg/m<sup>3</sup>～80kg/m<sup>3</sup>であり、シアネート樹脂のFRPより成る面板がシアネート樹脂を重量比で30%～60%含有したプリプレグで製造したFRP面板であることを特徴とする請求項1記載の飛行体用レドーム。

【請求項3】 シアネート樹脂のFRPより成る面板における強化繊維が、ガラス繊維又は石英繊維であることを特徴とする請求項1又は2記載の飛行体用レドーム。

【請求項4】 シアネート樹脂のFRPより成る面板の板厚と、ポリエーテルイミド発泡材より成るコアの板厚が、レーダー電波の放射方向において同一になされていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の飛行体用レドーム。

【請求項5】 飛行体用レドームの外壁面に、10μm～150μmの耐エロージョン塗装が施されていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の飛行体用レドーム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、航空機や飛行船等の飛行体に使用するレドームに関する。

【0002】

【従来の技術】航空機や飛行船等の飛行体は、航法設定や情報交換のための地上や衛星との電波のやり取りや対物走査のためのレーダー等の電波の送受信システムを必要とする。一般的に図10に示すようにこれらの電波送受信システム20は、外部との電波21の送受信を行うために機体の表面に設置されることから、電波送受信システム20を厳しい飛行環境から保護するレドーム22が必要となる。図11に一般的な航空機に設置されるレドームの代表的な位置を示す。レドームは主に電波の送受信方向により、鼻部23、背部24、腹部25および尾部26等に設置される。また、設置場所の制約や機体の影響を受け難くするために、できる限り離れた端部に設置したいとの要求から、主翼、尾翼等の翼端27に設置されることもあり、その場合には翼端27内に電波送受信システムが埋め込まれ、翼端27の壁面自身がレドームとして使用される場合もある。いずれの場合のレドームにしても、航空機の部品であることから軽量であることの要求のほかに、電波送受信システムを厳しい飛行環境から保護するために、電波特性としては電波透過率に優れること、機械的な特性としては空力的な荷重や異物の衝突荷重に耐える強度特性、温度変化や湿潤環境に対する耐候性や雨滴や塵等との高速衝突に耐えるエロ

ジョン特性が求められる。

【0003】従来より航空機の機体構造材としては、軽量かつ高強度であるために、ハニカムコアと繊維強化プラスチック(FRP)面板からなるサンドイッチ構造体が多用されている。特にレドームでは、主に電波特性の要求から図12に示すようにガラス繊維FRP製のハニカムコア28と、ガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板29からなるサンドイッチ構造体30が一般に採用されている。また、適用場所や形状により雨滴等による表面損傷が起これると予想される鼻部等のレドームに対しては、300μm～400μmといった非常に厚い主にウレタン製の耐エロージョン塗装31が施されている。この耐エロージョン塗装31は、施工中のふくれ防止とその膜厚を確保するために、薄塗り→乾燥の工程を20回程度繰り返すことが必要であり、非常に手間のかかる作業である。

【0004】ところが、これらの材料構成からなるレドームには、地上と成層圏を往復する間に大きな環境変化(1気圧、プラス40℃から1/10気圧、マイナス54℃)を伴う長期運用により、下記の問題があることが判ってきた。

① 運用中の吸湿によりガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板29の強度が劣化する。

② 耐エロージョン塗装31や面板29での微細な割れの発生により、ハニカムコア28内に湿気を含む空気が侵入し、その水分の結露→凝固→結露の悪循環により、ハニカムコア28内が徐々に浸水する。①の問題点については、予めこの強度劣化を見込んだ上で設計する必要があるため、バージン強度を確保する場合、厚板構造とすることが必要であり、重量とコストの点で不利である。また、②の問題は、特に航空機性能を劣化させる重量増加やレーダー特性を劣化させる電波透過性の劣化等を引き起こし、最終的には浸水の凍結によるハニカムコア28と面板29の剥離を生じ、飛行安全性が損なわれることから、航空機を運航するユーザーにとっても大きな問題となっている。従って、①定期点検にて検出されるハニカムコア28内の浸水はセル毎に、面板29の穴明け→水抜き→穴ふさぎといった非常に手間のかかる補修を必要とするとともに、②補修箇所は板厚や重量増となるために補修によりレドームとしての本来の特性を取り戻すことは原理的に不可能である。

【0005】また、根本的にガラス繊維FRP製のハニカムコア28を用いたサンドイッチ構造体30では、下記の問題点があり、理想的なレドームを製作することは不可能であった。

① 膜厚大(300μm～400μm)のウレタン製の耐エロージョン塗装31の電波透過性は極めて悪く、電波送受信システム全体の感度を低下させる大きな原因となっている。

② ガラス繊維強化エポキシ樹脂製のハニカムコア28

について、厚み方向の機械加工が困難であることと、ハニカムコア28のセル壁の影響により電波特性に異方性があることから、レドーム壁面全体の電波透過率を一定にすることができなかった。

③ 特に数GHzから40GHzといった高周波領域を含む広帯域用のレドームの場合には図13に示すようにハニカムコア28と面板29を複数層化することが原理的に有効であること(=各層間の電波の透過・反射を利用して適した周波数帯を広げること)が知られているが、ハニカムコア28の場合には、異層に配置されるハニカムのセル(=ガラス繊維強化エポキシ樹脂壁面)の位置が規則性無くずれることから、複数層からなるレドームを実現することは不可能であった。

④ 航空機の背部や腹部や尾部に設置するレドームの場合、できるだけ電波透過性を稼ぐためにハニカムのセル壁に電波が通らないようにするには、図14に示すようにレドーム32の壁面を機体33に対して大きい迎え角度にて装着する必要があり、レドーム32は機体33の飛行方向から気流34を受け、空気抵抗による運行性能の低下(最高速度や燃費の低下)を引き起こす。

⑤ ガラス繊維強化エポキシ樹脂製のハニカムコア28は元々成形が難しく、翼端形状のような三次元の形状で曲率が小さな部品形状の成形加工が不可能であり、このような形状品にはソリッドのFRP構造体を使用されているが、重量的にハンディがあるとともに、電波透過特性も悪くなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、浸水の無い構造で、電波特性及び強度特性に優れた高性能の飛行体用レドームを提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明の飛行体用レドームは、曲率の小さな単層又は複数層の曲面サンドイッチ構造体になされ、コアがポリエーテルイミド発泡材より成り、コアの両面を挟んでいる面板がシアネート樹脂のFRPより成ることを特徴とするものである。

\* 【表1】

項 目	ポリエーテルイミド 発泡材コア		比 較 対 象	備 考
	A 材*	B 材**		
比誘電率	1.09	1.11	1.26	測定周波数10GHz
誘電損	0.0025	0.0030	0.0140	測定周波数10GHz

\*A材密度: 80kg/m<sup>3</sup> \*\*B材密度: 80kg/m<sup>3</sup>

【0014】このポリエーテルイミド発泡材より成るコア3は、下記の表2に示すように5GHzから40GHzといった広帯域の電波に対しても安定な比誘電率と誘電損の値を持ち、高分解能が要求される高周波数領域を

\* 【0008】上記の飛行体用レドームにおいて、コアのポリエーテルイミド発泡材は密度50kg/m<sup>3</sup>~80kg/m<sup>3</sup>であることが好ましく、シアネート樹脂のFRPより成る面板はシアネート樹脂を重量比で30%~60%含有したプリプレグで製造したFRP面板であることが好ましい。

【0009】上記本発明の飛行体用レドームにおいて、シアネート樹脂のFRPより成る面板における強化繊維は、ガラス繊維又は石英繊維であることが好ましい。

10 【0010】上記本発明の飛行体用レドームにおいて、シアネート樹脂のFRPより成る面板の板厚と、ポリエーテルイミド発泡材より成るコアの板厚は、レーダー電波の放射方向において同一になされていることが好ましい。

【0011】上記本発明の飛行体用レドームにおいて、外壁面に、10μm~150μmの耐エロージョン塗装が施されていることが好ましい。

【0012】

20 【発明の実施の形態】本発明の飛行体用レドームの一実施形態を図1によって説明すると、1は曲率の小さな単層の曲面サンドイッチ構造体2に形成された飛行体用レドームで、曲面サンドイッチ構造体2のコア3は、ポリエーテルイミド発泡材より成り、このコア3の両面を挟んで一体化している面板4はシアネート樹脂のFRPより成る。この飛行体用レドーム1の曲面サンドイッチ構造体2は、ポリエーテルイミド発泡材より成るコア3の気泡が独立気泡であることから、化学的のみならず物理的にも内部に水が進入することがなく、従来のハニカムコアのサンドイッチ構造体で大問題となっている浸水を防ぐことができる。また、ポリエーテルイミド発泡材より成るコア3は、従来のガラス繊維製のハニカムコアと比較して、下記の表1に示すように航空機のレーダーシステムとしてよく使われている10GHzの電波に対して比誘電率が数割低く、誘電損は数分の1であり、電波特性に優れていることが判る。

【0013】

【表1】

含む広帯域においても優れた電波特性を有する。従って、飛行体用レドームは性能が高いものとなる。

【0015】

【表2】

測定周波数 (GHz)	比 誘 電 率		誘 電 損	
	A 材*	B 材*	A 材*	B 材*
5	1.10	1.12	0.0025	0.0030
10	1.09	1.11	0.0015	0.0022
15	1.08	1.11	0.0025	0.0032
20	1.07	—	0.0028	—
30	1.08	—	0.0030	—
40	1.08	—	0.0035	—

\*A材密度: 60 kg/m<sup>3</sup> \*\*B材密度: 80 kg/m<sup>3</sup>

【0016】本発明の飛行体用レドームの他の実施形態を図2によって説明すると、1'は曲率の小さな複数層の曲面サンドイッチ構造体2'に形成された飛行体用レドームで、曲面サンドイッチ構造体2'はポリエーテルイミド発泡材より成るコア3と、このコア3の両面を挟むシアネート樹脂のFRPより成る面板4が交互に配され一体化されているものである。この飛行体用レドーム1'の複数層の曲面サンドイッチ構造体2'もポリエーテルイミド発泡材より成るコア3の存在により前述のよう

20

に浸水を防ぐことができ、また5GHzから40GHzといった高周波数領域を含む広帯域の電波に対して安定な比誘電率と誘電損の値を持ち、電波特性に優れているので、飛行体用レドーム1'は性能が高いものとなる。

【0017】上記本発明の飛行体用レドーム1、1'において、曲面サンドイッチ構造体2、2'のコア3のポリエーテルイミド発泡材は、密度50 kg/m<sup>3</sup>~80 kg/m<sup>3</sup>であることが好ましい。この限定理由について説明すると、下限の密度50 kg/m<sup>3</sup>は、図3のポリエーテルイミド発泡材の密度と高温圧縮強度(200℃)との関係を示すグラフで判るように、コアの成形時の温度(200℃)にて成形圧力(約1 kgf/cm<sup>2</sup>)に耐えるには、50 kg/m<sup>3</sup>以上の密度のコアが必要であることから決定した。上限の密度80 kg/m<sup>3</sup>は、従来レドームに使用されているガラスFRP製のハニカムコアの密度が、72 kg/m<sup>3</sup>~80 kg/m<sup>3</sup>であることから、この上限の80 kg/m<sup>3</sup>を超える密度のポリエーテルイミド発泡材を使用することは、従来材に対して重量的なメリットがなくなることから決定した。

30

【0018】また、上記本発明の飛行体用レドーム1、1'において、曲面サンドイッチ構造体2、2'のFRPより成る面板4のシアネート樹脂の含有量は、重量比で30%~60%であることが好ましい。この限定理由について説明すると、下限の重量比30%は、図4のシアネート樹脂プリプレグの樹脂含有率とFRPの繊維体積率との関係を示すグラフで判るように、航空機用に使われるFRPの繊維体積率が通常60vol%前後であることからすると、シアネート樹脂のプリプレグにおい

50

ては、30wt%程度の樹脂含有率が必要となることから決定した。しかも実際にはコア3の表面の気泡をシアネート樹脂で埋める必要があり、かつ所定の接着強度を得るためには、この30wt%が下限の値となる。上限の重量比60%について詳述すると、図5のaに示すようにポリエーテルイミド発泡材コア3の表面に露出している発泡穴5を、FRP製面板4(図1参照)となるプリプレグ6中のシアネート樹脂7で図5のbに示すように埋める必要がある。この埋めるべきコア3の表面の穴体積は、コア3の密度によって異なるが、気泡の直径は約200μmであり、樹脂含有率の上限として考えるならば、1枚のプリプレグ6に下記の2点を満足する樹脂を含有する必要がある。

① 約100μmの樹脂膜を形成できる(=ランダムに存在する約200μmの直径の気泡を必ず埋めることができる)。

② 繊維体積率55%以上のFRP製面板を形成できる。そして、100μmの膜厚の樹脂膜を形成するには、図6のシアネート樹脂プリプレグの樹脂含有率と形成可能な樹脂膜厚との関係を示すグラフで判るようにプリプレグ6中には約60wt%の樹脂含有率のシアネート樹脂が必要である。

【0019】然して、上記本発明の飛行体用レドーム1、1'において、曲面サンドイッチ構造体2、2'のシアネート樹脂のFRPより成る面板4における強化繊維は、ガラス繊維又は石英繊維であることが好ましい。シアネート樹脂のFRPより成る面板4は下記の表3で判るように従来材料であるガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板に比べ室温(RTD)の強度に優れる。特に、設計時の強度標定となる吸湿後の高温強度特性(HTW)は非常に優れており、室温強度に対して約8割の強度を保持する。また、シアネート樹脂のFRPより成る面板4は、従来のガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板に比べ比誘電率が低く、誘電損は1/2以下であり、電波特性に優れる。そして同じシアネート樹脂のFRPより成る面板4でも強化繊維が石英繊維とガラス繊維によって特性が異なり、石英繊維の方がガラス繊維よりも全般的に特性に優れる。しかし、コストが高いために、必要とされる特性とコストを吟味した上で、強化繊維を石英繊維

\*

【発明の効果】以上の説明で判るように本発明の飛行体用レドームは、曲率の小さな単層又は複数層の曲面サンドイッチ構造体になされ、コアが電波特性に優れたポリエーテルイミド発泡材より成り、このコアの両面を挟んだ面板が強度特性に優れた且つ電波特性に優れたシアネート樹脂のFRPより成るので、数GHzから40GHzの高周波領域を含む広帯域で使用できて性能が高いものである。特に、コアのポリエーテルイミド発泡材の密度を $50\text{ kg/m}^3 \sim 80\text{ kg/m}^3$ とし、シアネート樹脂のFRPより成る面板のシアネート樹脂の含有量を重量比で30%～60%としたものにあつては、コアの電波特性により優れたものとなり、面板の強度特性及び電波特性がより優れたものとなり、飛行体用レドームはより高性能なものとなる。さらに、この飛行体用レドームにあつて、シアネート樹脂のFRPより成る面板の板厚

と、ポリエーテルイミド発泡材より成るコアの板厚を、レーダー電波の放射方向において同一にしたものは、電波送受信システムのレーダー電波の作動全域にわたり電波透過率が一定となって、電波特性が著しく向上し、極めて高性能なものとなる。また、本発明の飛行体用レドームにおいて、外壁面に $10\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ の耐エロージョン塗装が施されたものにあっては、航空機の鼻部等に設置されても電波特性を損なうことなくエロージョンに対して対処できてレドームを高性能に維持できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の飛行体用レドームの一実施形態を示す図である。

【図2】本発明の飛行体用レドームの他の実施形態を示す図である。

【図3】ポリエーテルイミド発泡材の密度と高温圧縮強度( $200^\circ\text{C}$ )との関係を示すグラフである。

【図4】シアネート樹脂プリプレグの樹脂含有率とFRPの繊維体積率との関係を示すグラフである。

【図5】aはポリエーテルイミド発泡材のコアとシアネート樹脂のFRP面板となるプリプレグとのサンドイッチ化前の状態を示す図、bはサンドイッチ化後の状態を示す図である。

【図6】シアネート樹脂プリプレグの樹脂含有率と形成可能な樹脂膜厚との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の飛行体用レドームの別の実施形態を示す図である。

【図8】本発明の飛行体用レドームを機体の表面に対し\*

\*て小さい抑え角度で装着した状態を示す図である。

【図9】本発明の飛行体用レドームの外壁面に耐エロージョン塗装を施した状態を示す部分拡大図である。

【図10】一般的な電波送受信システムとレドームの関係を示す図である。

【図11】一般的な航空機に設置されるレドームの代表的な位置を示す図である。

【図12】ガラス繊維FRP製のハニカムコアとガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板からなる従来レドームのサンドイッチ構造体を示す図である。

10

【図13】ガラス繊維FRP製ハニカムコアとガラス繊維強化エポキシ樹脂製面板による複数層のサンドイッチ構造体を示す図である。

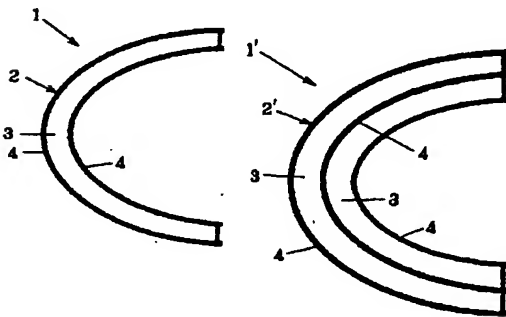
【図14】従来のサンドイッチ構造体によるレドームの機体装着例を示す図である。

【符号の説明】

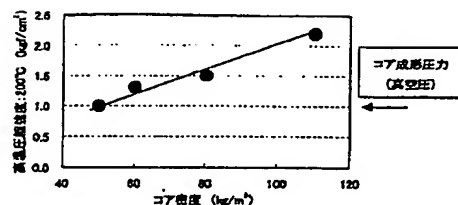
- 1, 1', 1'' 飛行体用レドーム
- 2, 2', 2'' 曲面サンドイッチ構造体
- 3 ポリエーテルイミド発泡材より成るコア
- 4 シアネート樹脂のFRPより成る面板
- 5 発泡穴
- 6 プリプレグ
- 7 シアネート樹脂
- 8 レーダー電波
- 9 電波送受信システム
- 10 機体
- 11 耐エロージョン塗装

【図1】

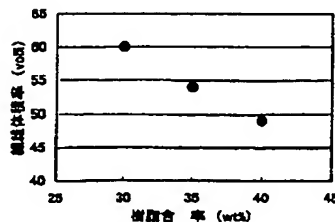
【図2】



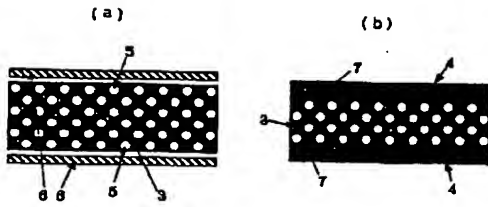
【図3】



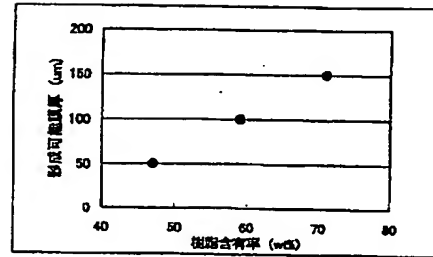
【図4】



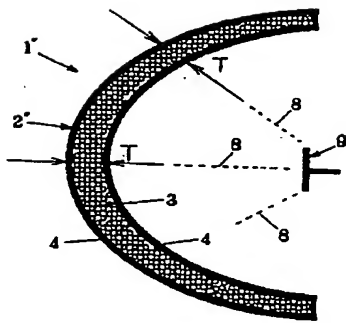
【図5】



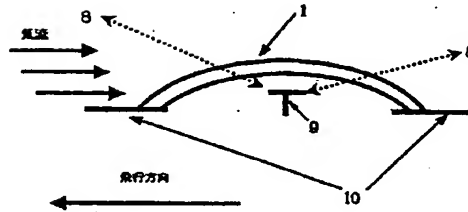
【図6】



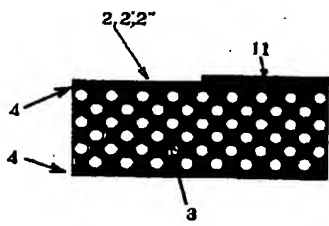
【図7】



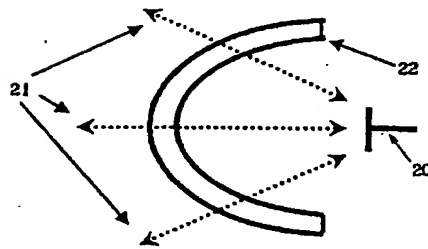
【図8】



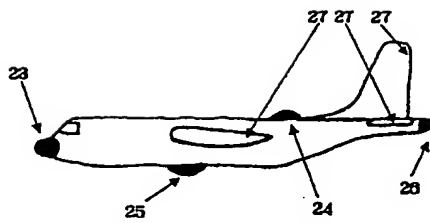
【図9】



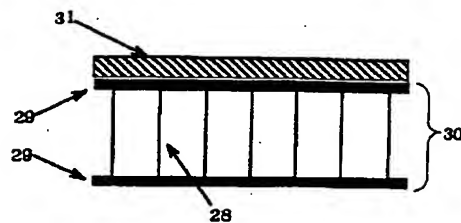
【図10】



【図11】

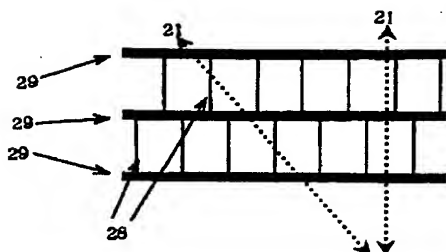


【図12】

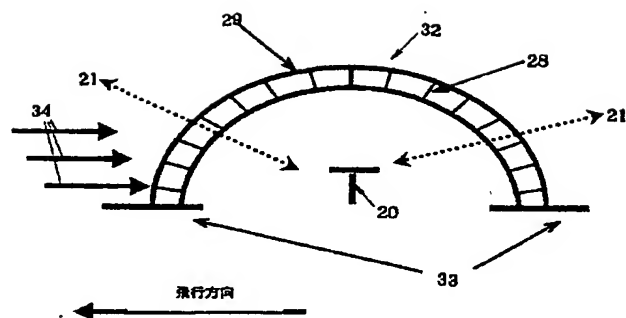




【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

キーワード(参考)

C 0 8 J 5/24

C E Z

C 0 8 J 5/24

C E Z

F 4 2 B 15/34

F 4 2 B 15/34

G 0 1 S 7/03

G 0 1 S 7/03

M

H 0 1 Q 1/28

H 0 1 Q 1/28

// C 0 8 L 79:00

C 0 8 L 79:00

(72)発明者 桜井 収

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業

株式会社岐阜工場内

Fターム(参考) 4F072 AA04 AA08 AB08 AB09 AD11  
AD44 AD45 AG03 AK05 AL04  
AL09  
4F100 AG00B AG00C AK49A AK51B  
AK51C AL01 BA03 BA05  
BA06 BA10B BA10C BA10D  
BA10E CC10D CC10E DC01  
DH02B DH02C DJ01A GB31  
HB00D HB00E JA13A JB02D  
JB02E JG05 JK05 JL00D  
JL00E YY00A  
5J046 AA06 AA15 KA01 KA07 RA03  
RA13